



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 29 341 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 199 29 341.4
㉒ Anmeldetag: 26. 6. 1999
㉔ Offenlegungstag: 28. 12. 2000

㉕ Int. Cl.⁷:
G 01 D 21/00
G 01 D 5/12
G 01 P 15/09
H 02 K 35/00
G 08 C 17/02
F 03 G 7/08

DE 199 29 341 A 1

㉗ Anmelder:
ABB Research Ltd., Zürich, CH

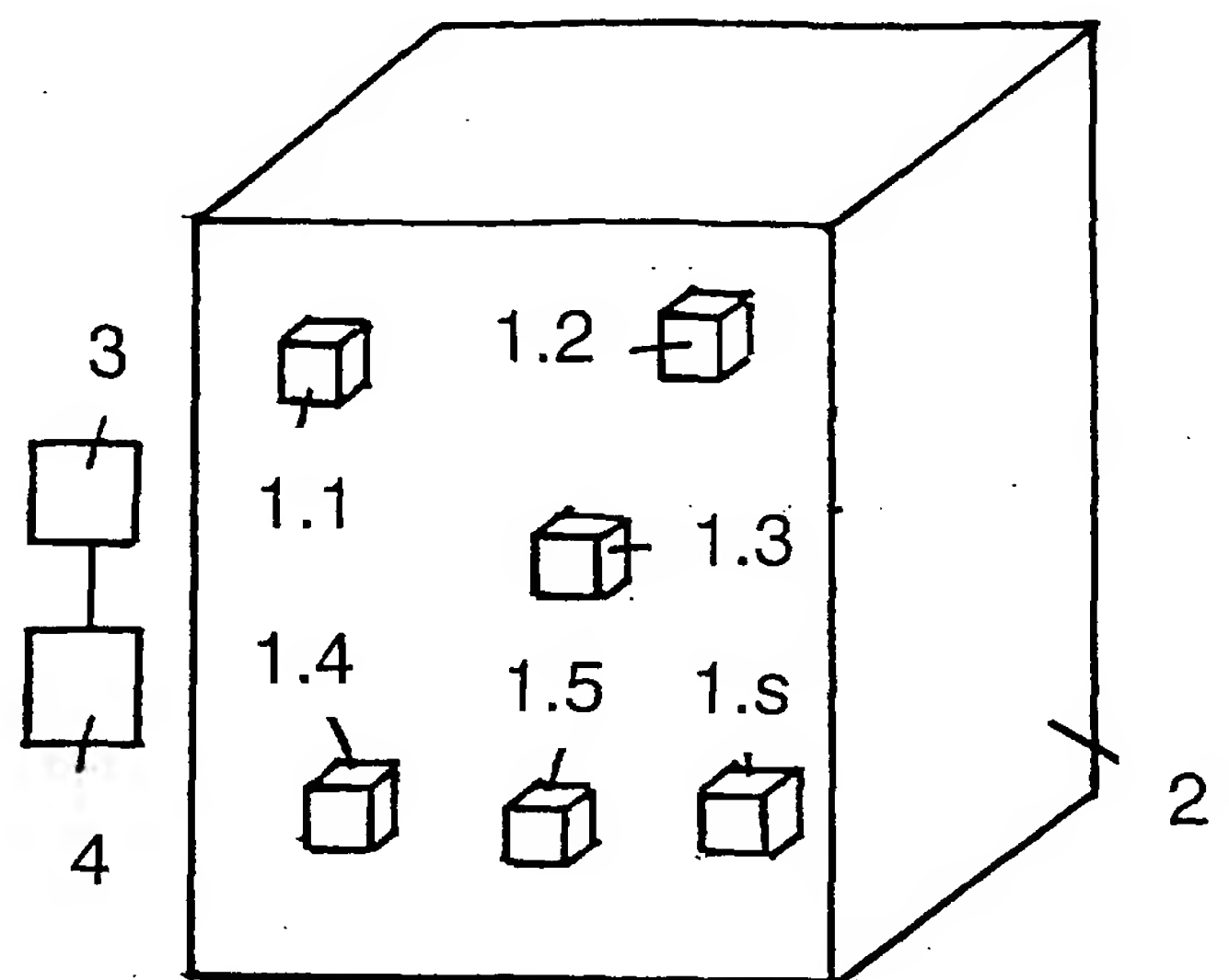
㉙ Vertreter:
Miller, T., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 64668 Rimbach

㉚ Erfinder:
Scheible, Guntram, Dr.-Ing., 69117 Heidelberg, DE;
Brodtkorb, Dagfin, Oesterås, NO; Kjesbu, Snorre,
Slependen, NO

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

㉜ Anordnung zur drahtlosen Versorgung einer Vielzahl Sensoren und/oder Aktoren mit elektrischer Energie, Sensor oder Aktor hierzu sowie System für eine eine Vielzahl von Sensoren und/oder Aktoren aufweisende Maschine

㉝ Es wird eine Anordnung zur drahtlosen Versorgung einer Vielzahl an einer Maschine montierter Sensoren und/oder Aktoren (1.1 bis 1.s) mit elektrischer Energie vorgeschlagen, wobei in den Sensoren und/oder Aktoren eine die Beschleunigung von sich bewegenden Maschinenkomponenten erfassende und in elektrische Energie umwandelnde Einrichtung integriert ist.
Ferner wird ein Sensor oder Aktor mit einer integrierten, eine Beschleunigung des Sensors oder Aktors (1.1 bis 1.s) erfassenden und in elektrische Endergie zur Versorgung des Sensors umwandelnden Einrichtung vorgeschlagen.
Des weiteren wird ein System für eine Vielzahl von Sensoren und/oder Aktoren aufweisende Maschine (2), insbesondere Fertigungsautomat, vorgeschlagen,, wobei die Sensoren und/oder Aktoren (1.1 bis 1.s) mit einer Sendeeinrichtung bzw. Empfangseinrichtung ausgestattet sind, welche über Funksignale mit einer mit einem Prozeßrechner (4) der Maschine (2) verbundenen zentralen Sendeeinrichtung bzw. Empfangseinrichtung (3) kommuniziert und wobei in den Sensoren und/oder Aktoren eine Beschleunigung von Maschinenkomponenten erfassende und in elektrische Energie zur Versorgung des Sensors und/oder Aktors umwandelnde Einrichtung integriert ist.



DE 199 29 341 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung zur drahtlosen Versorgung einer Vielzahl Sensoren und/oder Aktoren mit elektrischer Energie, auf einen Sensor oder Aktor hierzu sowie auf ein System für eine eine Vielzahl von Sensoren und/oder Aktoren aufweisende Maschine.

Die Erfindung kann beispielsweise zur elektrischen Energieversorgung von Näherungssensoren (bzw. Näherungsschaltern), Temperaturmeßsensoren, Druckmeßsensoren, Strommeßsensoren und Spannungsmessensoren bei Industrierobotern, Herstellungsautomaten und Fertigungsautomaten und/oder zur elektrischen Energieversorgung von mikromechanischen, piezoelektrischen, elektrochemischen, magnetostruktiven, elektrostruktiven, elektrostatischen oder elektromagnetischen Aktoren verwendet werden, wie sie in Aktoren-Systemen oder Maschinen, beispielsweise bei Steuer/Regelsystemen, in Fernsteuersystemen, in der Robotertechnik, bei Herstellungsautomaten bzw. Fertigungsautomaten, als Anzeigeelemente und in Schutz- und Sicherheitssystemen (beispielsweise bei Freiluft- oder Innenraum-Schaltanlagen) zum Einsatz gelangen.

Aus der DE 44 42 677 A1 sind ein Verfahren und eine Anordnung zum Versorgen eines elektrischen Verbrauchers mit einer elektrischen Versorgungsspannung oder einem elektrischen Versorgungsstrom bekannt, wobei Funkwellen eines Funksenders zu einem mit dem Verbraucher elektrisch verbundenen Funkempfänger übertragen werden und vom Funkempfänger in die elektrische Versorgungsspannung bzw. den elektrischen Versorgungsstrom umgewandelt werden. Die Funkwellen können aus dem elektromagnetischen Hochfrequenzbereich (Radiowellen) oder auch aus dem Mikrowellenbereich (Richtfunk) kommen.

Dabei ist es von Nachteil, daß aufgrund der hohen Frequenzen und dementsprechend kleinen Antennen einerseits und der durch EMV-Vorschriften und Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz an Arbeitsplätzen mit Exposition durch elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder beschränkten zulässigen Sendeleistung andererseits nur sehr unzureichend geringe Abstände zwischen Funksender und Funkempfänger erzielbar sind. Das gleiche trifft für die erzielbaren Leistungen zu, welche im Bereich weniger μW liegen, was meist unzureichend für Aktoren ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine kostengünstige und zuverlässige Anordnung zur drahtlosen Versorgung einer Vielzahl Sensoren und/oder Aktoren mit elektrischer Energie anzugeben.

Ferner soll ein hierzu geeigneter Sensor oder Aktor vorgeschlagen werden.

Außerdem soll ein System für eine eine Vielzahl von Sensoren und/oder Aktoren aufweisende Maschine angegeben werden.

Diese Aufgabe wird bezüglich der Vorrichtung erfindungsgemäß durch eine Anordnung zur drahtlosen Versorgung einer Vielzahl an einer Maschine montierter Sensoren und/oder Aktoren mit elektrischer Energie gelöst, wobei in den Sensoren und/oder Aktoren eine die Beschleunigung von sich bewegenden Maschinenkomponenten erfassende und in elektrische Energie umwandelnde Einrichtung integriert ist.

Die Aufgabe wird bezüglich des Sensors oder Aktors erfindungsgemäß durch einen Sensor oder Aktor mit einer integrierten, eine Beschleunigung des Sensors oder Aktors erfassenden und in elektrische Energie zur Versorgung des Sensors umwandelnden Einrichtung gelöst.

Die Aufgabe wird bezüglich des Systems erfindungsgemäß durch ein System für eine eine Vielzahl von Sensoren und/oder Aktoren aufweisende Maschine, insbesondere Fer-

- wobei die Sensoren und/oder Aktoren mit einer Sendeeinrichtung bzw. Empfangseinrichtung bzw. Sende/Empfangseinrichtung ausgestattet sind, welche über Funksignale mit einer mit einem Prozeßrechner der Maschine verbundenen zentralen Sendeeinrichtung bzw. Empfangseinrichtung bzw. Sende/Empfangseinrichtung kommuniziert und
- wobei in den Sensoren und/oder Aktoren eine Beschleunigungen von Maschinenkomponenten erfassende und in elektrische Energie zur Versorgung des Sensors und/oder Aktors umwandelnde Einrichtung integriert ist.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen insbesondere darin, daß im Vergleich zu konventionellen Lösungen mit Kabelanschluß zur elektrischen Energieversorgung der Sensoren und/oder Aktoren der durch Planung, Material, Installation, Dokumentation und Wartung bedingte relativ hohe Kostenfaktor eines Kabelanschlusses entfällt. Es können keine Ausfälle aufgrund von Kabelbrüchen oder schlechten, beispielsweise korrodierten Kontakten auftreten.

Im Vergleich zur Verwendung von Batterien zur Energieversorgung von Sensoren und/oder Aktoren entfällt der Wartungsaufwand und Kostenaufwand, der durch den erforderlichen Austausch von Batterien – zumal an schwer zugänglichen Stellen – bedingt ist.

Weitere Vorteile sind aus der nachstehenden Beschreibung ersichtlich.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein System für eine eine Vielzahl von Sensoren und/oder Aktoren aufweisende Maschine,

Fig. 2 eine erste Ausführungsform einer in einem Sensor oder Aktor integrierten elektromechanischen Anordnung zur Energieerzeugung,

Fig. 3 eine zweite Ausführungsform einer in einem Sensor oder Aktor integrierten elektromechanischen Anordnung zur Energieerzeugung,

Fig. 4 eine dritte Ausführungsform einer in einem Sensor oder Aktor integrierten piezoelektrischen Anordnung zur Energieerzeugung.

In **Fig. 1** ist ein System für eine eine Vielzahl von Sensoren und/oder Aktoren aufweisende Maschine dargestellt. Es ist eine Maschine **2** bzw. ein Industrieroboter bzw. Herstellungsautomat bzw. Fertigungsautomat gezeigt, welche mit zahlreichen an unterschiedliche, bewegliche Maschinenkomponenten montierten Sensoren und/oder Aktoren **1.1**, . . . , **1.s** versehen ist. Als Sensoren dienen insbesondere Näherungssensoren. Des weiteren können beispielsweise Drucksensoren oder Temperatursensoren eingesetzt sein. Als Aktoren **1.1**, . . . , **1.s** dienen beispielsweise Anzeigeelemente, Steuer/Regelemente und Schutz/Sicherheitselemente, wie Motorstarter, Schütze, Sanftanlasser, pneumatische Ventile.

Die Sensoren und/oder Aktoren **1.1** bis **1.s** sind mit Sendeeinrichtungen oder Empfangseinrichtungen oder Sende/Empfangseinrichtungen ausgestattet, die beispielsweise Funksignale hinsichtlich der Befehle an die Aktoren zur Ausführung bestimmter Handlungen empfangen und beispielsweise Funksignale hinsichtlich aktueller Sensor-Informationen, wie Rückmeldungen "gewünschte Position erreicht" oder Aktor-Informationen, wie Rückmeldungen "ge-

wünschte Handlung erfolgreich ausgeführt" abgeben.

Die Funksignale zu den Sensoren und/oder Aktoren **1.1** bis **1.s** bzw. von den Sensoren und/oder Aktoren **1.1** bis **1.s** werden von einer zentralen Sendeeinrichtung bzw. Empfangseinrichtung bzw. Sende/Empfangseinrichtung **3** abgegeben bzw. empfangen und von einem Prozeßrechner **4** (speicherprogrammierbare Steuerung) vorgegeben bzw. an diesen weitergeleitet. Vorzugsweise befindet sich die zentrale Sendeeinrichtung bzw. Empfangseinrichtung bzw. Sende/Empfangseinrichtung **3** in unmittelbarer Nähe der Sensoren und/oder Aktoren **1.1** bis **1.s**, um eine optimale Funkverbindung mit den Sensoren und/oder Aktoren zu gewährleisten, während der die Maschine **2** steuernde Prozeßrechner **4** auch entfernt von den Sensoren und/oder Aktoren **1.1** bis **1.s** angeordnet sein kann. Der Informationsaustausch zwischen Prozeßrechner **4** und zentraler Sendeeinrichtung bzw. Empfangseinrichtung bzw. Sende/Empfangseinrichtung **3** kann über Funksignale oder über Kabel erfolgen.

Die elektrische Energieversorgung der Sensoren und/oder Aktoren **1.1** bis **1.s** erfolgt mittels der Beschleunigung der sich bewegenden Maschinenkomponenten ausnützende und in elektrische Energie umwandelnde Einrichtungen, wie sie nachfolgend unter den **Fig. 2** bis **4** näher beschrieben sind.

Wie leicht erkennbar ist, ergibt sich durch das vorgeschlagene System eine kabellose Konfiguration der Sensoren und/oder Aktoren **1.1** bis **1.s** sowohl hinsichtlich ihrer elektrischen Energieversorgung als auch hinsichtlich der Informationsübertragung von und zur zentralen Sendeeinrichtung bzw. Empfangseinrichtung bzw. Sende/Empfangseinrichtung **3** bzw. vom und zum Prozeßrechner **4**.

In **Fig. 2** ist eine erste Ausführungsform einer in einem Sensor oder Aktor integrierten elektromechanischen Anordnung zur Energieerzeugung dargestellt. Es ist eine hohlzylinderförmige Tauchspule **5** schematisch skizziert, in deren Innenraum ein in Richtung der Tauchspulen-Längsachse beweglicher Permanentmagnet **6** gelagert ist. Der Permanentmagnet **6** ist fest mit einer Masse **7** verbunden, welche andererseits über eine Feder **8** an einem Rahmen- oder Gehäuseteil **9** des Sensors oder Aktors montiert ist. Die Masse/Feder-Anordnung **7/8** schwingt in Abhängigkeit der Beschleunigung von Maschinenkomponenten.

Die vorstehend beschriebene Tauchspule/Permanentmagnet-Anordnung **5/6** nutzt die linearen Schwingungen der Masse/Feder-Anordnung **7/8** aus und wandelt diese in elektrische Energie um. Hierzu sind die Wicklungsenden der Tauchspule **5** über eine Diode **10** an Versorgungsklemmen **12** angeschlossen. Zwischen den Versorgungsklemmen **12** liegt zweckmäßig ein Kondensator **11** oder Akkumulator als Energie-Zwischenspeicher, um einerseits in ihrer Intensität ungleichmäßige Beschleunigungen der Maschinenkomponenten auszugleichen und um andererseits einem ungleichförmigen, beispielsweise impulsförmigen Energiebedarf der Sendeeinrichtung bzw. Empfangseinrichtung bzw. Sende/Empfangseinrichtung des Sensors oder Aktors gerecht zu werden.

In **Fig. 3** ist eine zweite Ausführungsform einer in einem Sensor oder Aktor integrierten elektromechanischen Anordnung zur Energieerzeugung dargestellt. Es ist wiederum ein Rahmen- oder Gehäuseteil **9** des Sensors oder Aktors mit über einer Feder **8** daran montierter Masse **7** schematisch skizziert. Die Masse/Feder-Anordnung **7/8** schwingt in Abhängigkeit der Beschleunigung von Maschinenkomponenten, wobei diese linearen Bewegungen der Masse **7** mit Hilfe eines Umsetzers **13** in rotatorische Bewegungen umgesetzt werden. Die vom Umsetzer **13** erzeugte Rotationsbewegung treibt einen Generator **14** an, dessen Versorgungsklemmen **15** die elektrische Energie zur Speisung der Sendeeinrichtung bzw. Empfangseinrichtung bzw. Sende/Emp-

fangseinrichtung des Sensors oder Aktors entnehmbar ist. Zwischen den Versorgungsklemmen **15** kann wiederum ein Kondensator oder Akkumulator aus den vorgenannten Gründen als Zwischenspeicher geschaltet sein.

In **Fig. 4** ist eine dritte Ausführungsform einer in einem Sensor oder Aktor integrierten piezoelektrischen Anordnung zur Energieerzeugung dargestellt. Dabei ist ein mit einem Rahmen- oder Gehäuseteil **9** verbundenes Piezoelement **17** vorgesehen, welches über eine Druck- und/oder Zugplatte **16** mit einer senkrecht zur Druck- und/oder Zugplatte **16** beweglich geführten Masse/Feder-Anordnung **7/8** beaufschlagt wird. Die Masse/Feder-Anordnung **7/8** schwingt in Abhängigkeit der Beschleunigung von Maschinenkomponenten. Den am Piezoelement **17** angeschlossenen Versorgungsklemmen **12** ist die elektrische Energie zur Speisung der Sendeeinrichtung bzw. Empfangseinrichtung bzw. Sende/Empfangseinrichtung des Sensors oder Aktors entnehmbar. Zwischen den Versorgungsklemmen **12** kann wiederum ein Kondensator oder Akkumulator aus den vorgenannten Gründen als Zwischenspeicher geschaltet sein.

Vorzugsweise sind die vorstehend erläuterten Sensoren oder Aktoren mit den integrierten Anordnungen zur Energieerzeugung an sich bewegenden Maschinenkomponenten montiert, wobei der Begriff " sich bewegende Maschinenkomponenten" auch vibrierende Maschinenkomponenten umfaßt.

Der Leistungsbedarf eines Sensors liegt dabei im Bereich einiger zehn μW bis etwa 50 mW , vorzugsweise bei 1 mW . Der Leistungsbedarf eines Aktors liegt im Bereich 1 bis 50 mW .

Die vorstehend erläuterten, die Beschleunigung der sich bewegenden Maschinenkomponenten ausnützende und in elektrische Energie umwandelnde Einrichtungen werden vorzugsweise in MEMS-Technologie (MikroElektroMechanisches System) hergestellt.

Patentansprüche

1. Anordnung zur drahtlosen Versorgung einer Vielzahl an einer Maschine montierter Sensoren und/oder Aktoren (**1.1** bis **1.s**) mit elektrischer Energie, wobei in den Sensoren und/oder Aktoren eine die Beschleunigung von sich bewegenden Maschinenkomponenten erfassende und in elektrische Energie umwandelnde Einrichtung integriert ist.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren und/oder Aktoren eine Masse/Feder-Anordnung (**7/8**) aufweisen, welche in Abhängigkeit der Beschleunigung von Maschinenkomponenten schwingt, wobei eine Tauchspule/Permanentmagnet-Anordnung (**5/6**) diese Schwingungen in elektrische Energie umwandelt.
3. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren und/oder Aktoren eine Masse/Feder-Anordnung (**7/8**) aufweisen, welche in Abhängigkeit der Beschleunigung von Maschinenkomponenten schwingt, wobei ein Umsetzer (**13**) diese linearen Schwingungen zum Antrieb eines Generator (**14**) in rotatorische Bewegungen umsetzt.
4. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren und/oder Aktoren eine Masse/Feder-Anordnung (**7/8**) aufweisen, welche in Abhängigkeit der Beschleunigung von Maschinenkomponenten schwingt, wobei diese Schwingungen über eine Druck- und/oder Zugplatte (**16**) ein Piezoelement (**17**) beaufschlagen.
5. Sensor oder Aktor mit einer integrierten, eine Beschleunigung des Sensors oder Aktors (**1.1** bis **1.s**) er-

fassenden und in elektrische Energie zur Versorgung des Sensors umwandelnden Einrichtung.

6. Sensor oder Aktor nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch eine Masse/Feder-Anordnung (7/8), welche in Abhängigkeit der Beschleunigung des Sensors oder Aktors (1.1 bis 1.s) schwingt, wobei eine Tauchspule/Permanentmagnet-Anordnung (5/6) diese Schwingungen in elektrische Energie umwandelt.

7. Sensor oder Aktor nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch eine Masse/Feder-Anordnung (7/8), welche in Abhängigkeit der Beschleunigung des Sensors oder Aktors (1.1 bis 1.s) schwingt, wobei ein Umsetzer (13) diese linearen Schwingungen in rotatorische Bewegungen umsetzt, welche einen Generator (14) antreiben.

8. Sensor oder Aktor nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch eine Masse/Feder-Anordnung (7/8), welche in Abhängigkeit der Beschleunigung des Sensors oder Aktors (1.1 bis 1.s) schwingt, wobei diese Schwingungen über eine Druck- und/oder Zugplatte (16) ein Piezoelement (17) beaufschlagen.

9. Sensor oder Aktor nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein elektrischer Energiespeicher (11) vorgesehen ist.

10. System für eine eine Vielzahl von Sensoren und/oder Aktoren aufweisende Maschine (2), insbesondere Fertigungsautomat,

- wobei die Sensoren und/oder Aktoren (1.1 bis 1.s) mit einer Sendeeinrichtung bzw. Empfangseinrichtung bzw. Sende/Empfangseinrichtung ausgestattet sind, welche über Funksignale mit einer mit einem Prozeßrechner (4) der Maschine (2) verbundenen zentralen Sendeeinrichtung bzw. Empfangseinrichtung bzw. Sende/Empfangseinrichtung (3) kommuniziert und

- wobei in den Sensoren und/oder Aktoren eine Beschleunigungen von Maschinenkomponenten erfassende und in elektrische Energie zur Versorgung des Sensors und/oder Aktors umwandelnde Einrichtung integriert ist.

11. System nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren und/oder Aktoren eine Masse/Feder-Anordnung (7/8) aufweisen, welche in Abhängigkeit der Beschleunigung von Maschinenkomponenten schwingt, wobei eine Tauchspule/Permanentmagnet-Anordnung (5/6) diese Schwingungen in elektrische Energie umwandelt.

12. System nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren und/oder Aktoren eine Masse/Feder-Anordnung (7/8) aufweisen, welche in Abhängigkeit der Beschleunigung von Maschinenkomponenten schwingt, wobei ein Umsetzer (13) diese linearen Schwingungen zum Antrieb eines Generator (14) in rotatorische Bewegungen umsetzt.

13. System nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren und/oder Aktoren eine Masse/Feder-Anordnung (7/8) aufweisen, welche in Abhängigkeit der Beschleunigung von Maschinenkomponenten schwingt, wobei diese Schwingungen über eine Druck- und/oder Zugplatte (16) ein Piezoelement (17) beaufschlagen.

14. Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die die Beschleunigung von sich bewegenden Maschinenkomponenten erfassende und in elektrische Energie umwandelnde Einrichtung in MEMS-Technologie hergestellt ist.

- Leerseite -

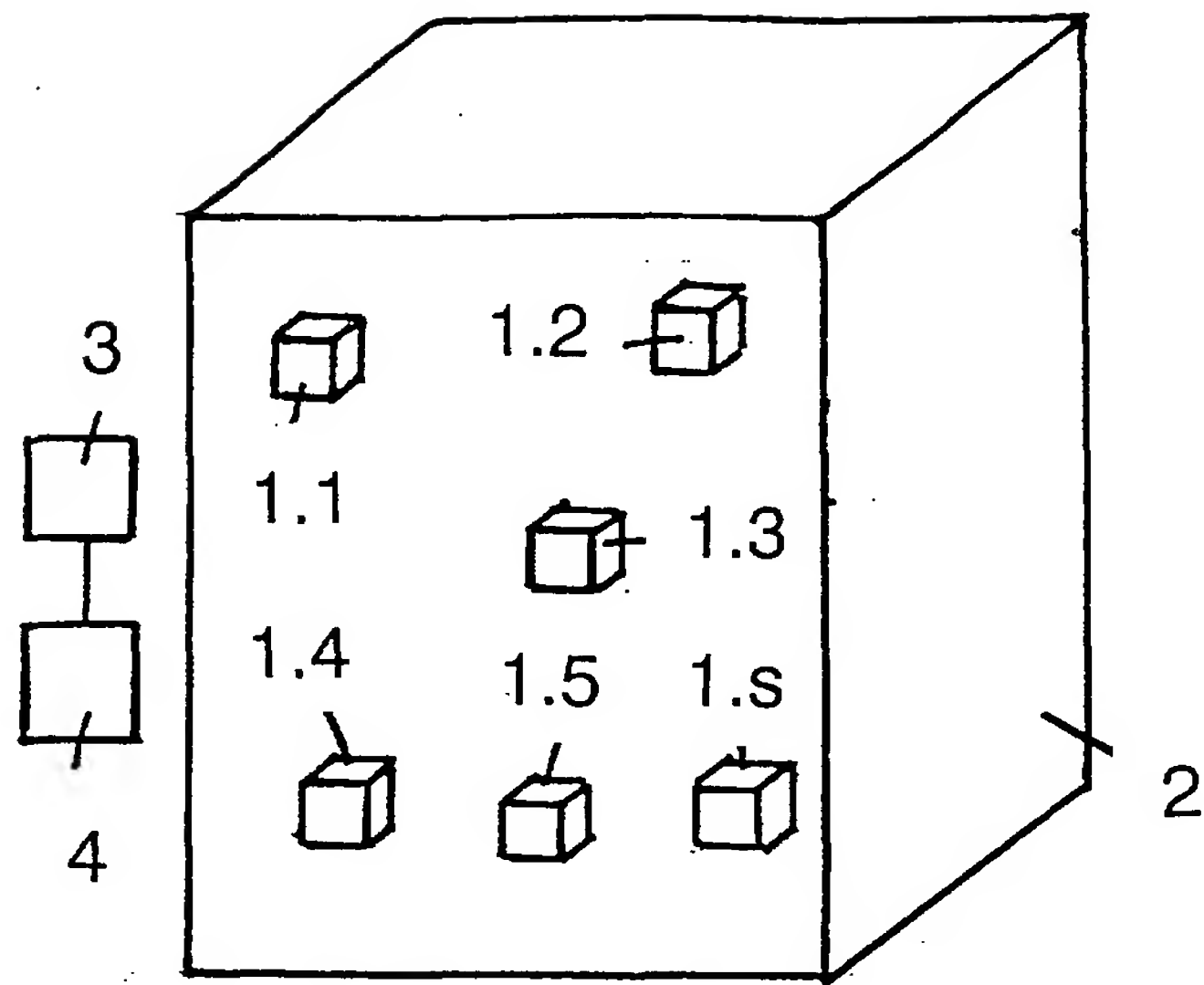


Fig. 1

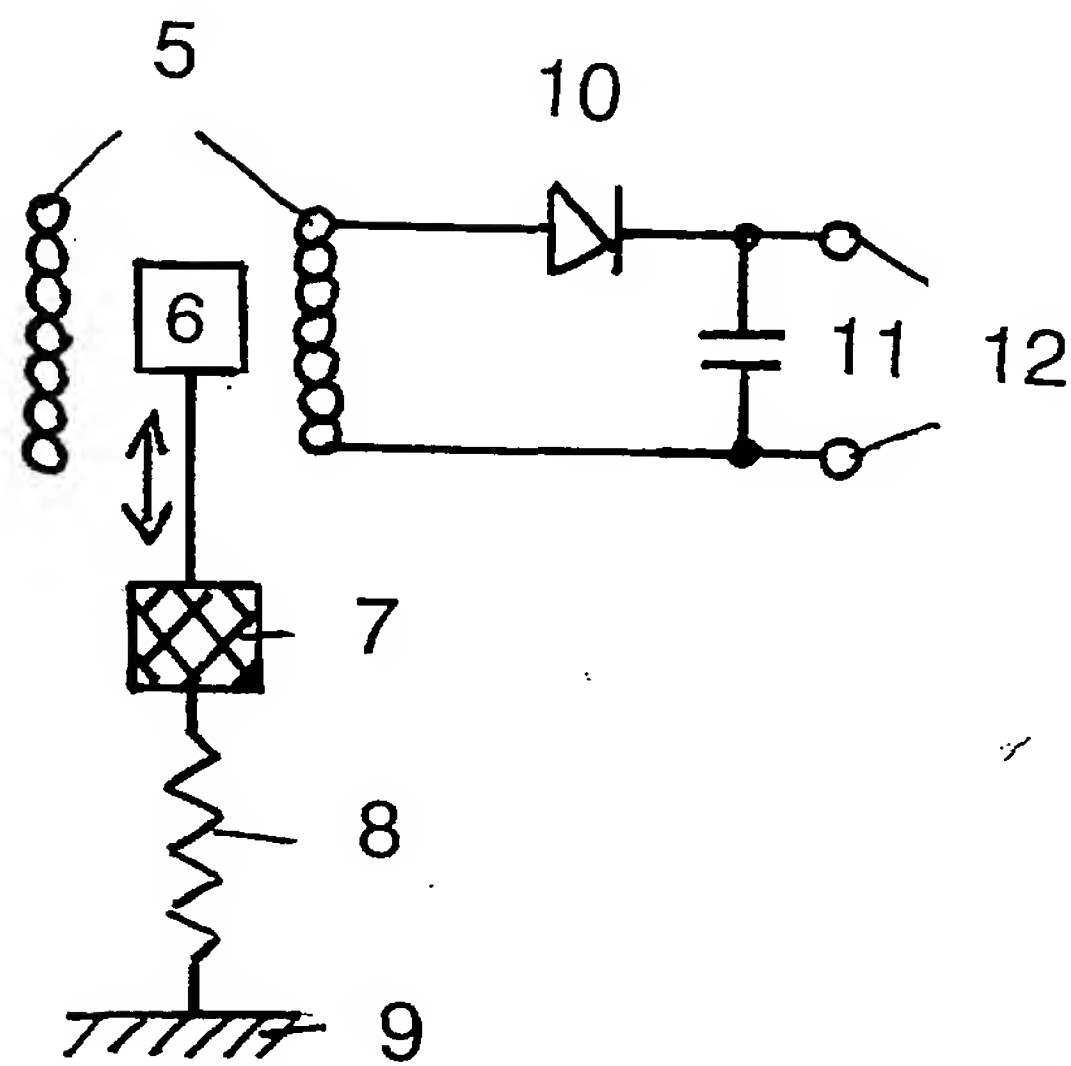


Fig. 2

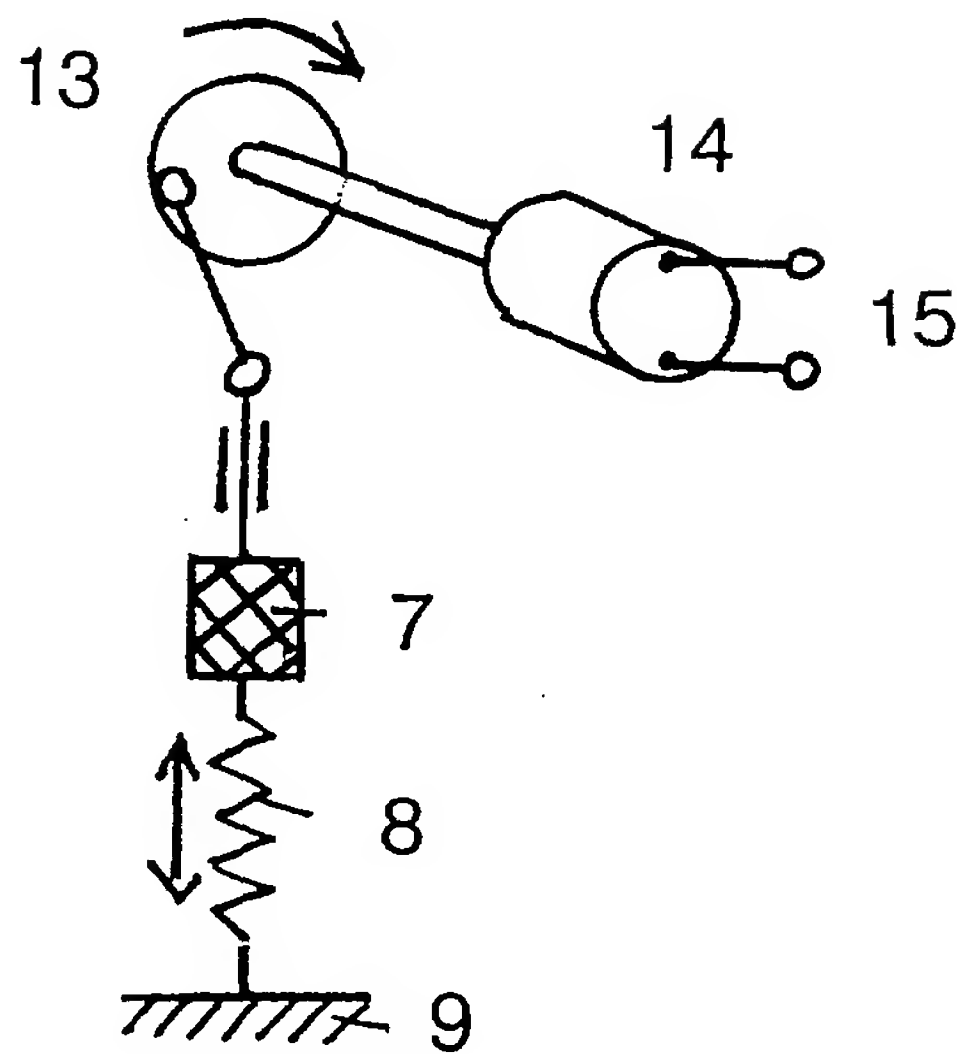


Fig. 3

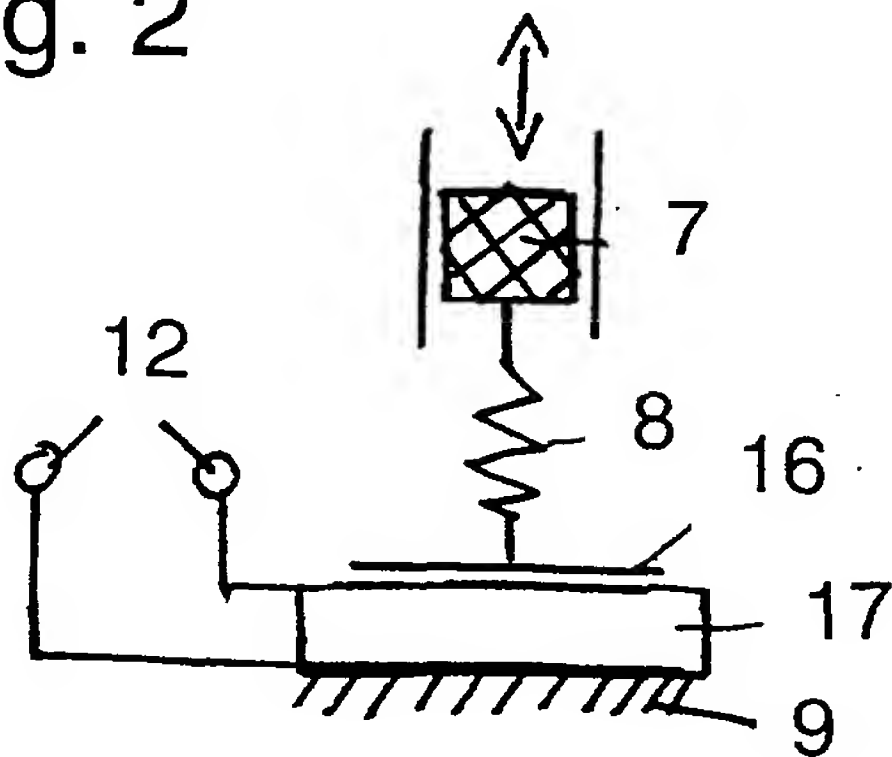


Fig. 4

PUB-NO: DE019929341A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 19929341 A1

TITLE: Arrangement for wireless electric power supply of number of sensors and/or actuators has component for converting acceleration into electrical energy integrated into sensors/actuators

PUBN-DATE: December 28, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SCHEIBLE, GUNTRAM	DE
BRODTKORB, DAGFIN	NO
KJESBU, SNORRE	NO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
ABB RESEARCH LTD	CH

APPL-NO: DE19929341

APPL-DATE: June 26, 1999

PRIORITY-DATA: DE19929341A (June 26, 1999)

INT-CL (IPC): G01D021/00 , G01D005/12 , G01P015/09 , H02K035/00 , G08C017/02 , F03G007/08

EUR-CL (EPC): F03G007/08 , H02K035/02

ABSTRACT:

CHG DATE=20010904 STATUS=O>The arrangement has a component for detecting sensor acceleration and converting it into electrical energy integrated into sensors and/or actuators (1.1-1.s) mounted on a machine. The sensors and/or actuators have a mass-spring arrangement that oscillates depending on the acceleration of machine components and an immersion coil/permanent magnet arrangement for converting the oscillations into electrical energy. Independent claims are also included for a sensor or actuator with an integrated component for detecting sensor acceleration and converting it

into electrical energy and for a system for a machine contg. a number of sensors and/or actuators.